

Tafonomia de Bivalvios em Calcários Oolíticos da Formação Teresina (Bacia do Paraná, Permiano Médio, Prudentópolis, PR)

Taphonomy of Bivalve Mollusks in Oolitic Limestones from Teresina Formation
(Paraná Basin, Middle Permian, Prudentópolis, PR)

Jacqueline Peixoto Neves¹ (nevesjp.unesp@gmail.com), Rosemarie Rohn² (rohn@rc.unesp.br),
Marcello Guimarães Simões¹ (btsimoes@ibb.unesp.br)

¹Departamento de Zoologia - Instituto de Biociências - UNESP
Distrito de Rubião Júnior s/n, CEP 18618-000, Botucatu, SP, BR

²Depto. de Geologia Aplicada - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, Rio Claro, SP, BR

Recebido em 12 de janeiro de 2010; aceito em 28 de maio de 2010

RESUMO

No presente artigo é apresentado o primeiro estudo tafonômico detalhado de bivalvios preservados em calcários oolíticos da Formação Teresina (provavelmente Kunguriano-Roadiano, Permiano Inferior-Médio), na borda leste da Bacia do Paraná. Foram selecionadas duas camadas, informalmente denominadas PRU 1 e PRU 2, em pedreiras do município de Prudentópolis, centro-sul do Estado do Paraná, posicionada aproximadamente no meio da formação, provavelmente na Zona *Pinzonella illusa*. O calcário de PRU 1 (~30 cm de espessura) é um *grainstone* oolítico a bivalvios, parcialmente silicificado, intercalado em rochas predominantemente pelíticas. Possui contato basal erosivo e topo com ondulações simétricas. É recoberto por *drapes* de folhelho com gretas de contração. Internamente, a camada carbonática apresenta duas sucessões granodecrescentes caracterizadas por empacotamento denso a disperso das conchas. Apresenta quantidade variável de intraclastos pelíticos e conchas de bivalvios caoticamente arranjadas (muitas aninhadas ou empilhadas), com graduação vertical descontínua. Um pouco abaixo do topo são reconhecíveis estratificações do tipo *microhummocky*. A camada carbonática em PRU 2 (~5 cm de espessura) é um *rudstone* a bivalvios e ooides. As conchas de bivalvios encontram-se desarticuladas, algumas fragmentadas e densamente empacotadas. Os bivalvios provavelmente viviam em substrato lamoso e foram misturados (como bioclastos alóticos) com ooides em eventos de alta energia, relacionados a tempestades, incluindo remobilizações posteriores por bioturbação. As camadas carbonáticas de PRU 1 e PRU 2 representam, portanto, tempestitos proximais amalgamados com história tafonômica complexa, forte mistura temporal/espacial de bioclastos e limitada resolução paleoecológica. São exemplos típicos de concentrações fósseis geradas em mar epêirico, não necessariamente conectado ao oceano, onde o baixíssimo gradiente do mergulho deposicional, a subsidência muito lenta e o pequeno espaço de acomodação de sedimentos condicionavam frequentes retrabalhamentos dos sedimentos por processos relacionados a tempestades.

Palavras-chave: Tafonomia; Permiano; Formação Teresina; Carbonato (Calcário); Bacia do Paraná.

ABSTRACT

Herein, it is presented the first detailed taphonomic study on bivalve mollusk shells preserved in the oolitic limestones of the Teresina Formation (probably Kungurian-Roadian, Lower-Middle Permian) in the eastern margin of the Paraná basin. The selected beds are located in two quarries (informally named PRU 1 and PRU 2) in Prudentópolis municipality (Center-South Paraná State), and positioned approximately in the middle of the formation and probably in the *Pinzonella illusa* Zone. The PRU 1 limestone (~30 cm thick), which is partially silicified and intercalated with predominantly pelitic rocks, is classified as a bivalve oolitic grainstone. The basal contact is erosive and the top shows symmetrical ripple marks, which are draped by shale with mud cracks. There are two fining-upwards successions characterized by dense to dispersed packing of the shells, which are usually disarticulated, randomly oriented (many nested/stacked) and mixed with some

pelitic intraclasts. Microhummocky cross-stratification occurs a little below the top of the bed. The PRU2 bed is classified as ooid-bivalve rudstone (~5 cm thick), where all shells are disarticulated and fragmented, showing dense packing. The bivalves probably inhabited a muddy substrate and were mixed (as paraautochthonous and allochthonous bioclasts) with ooids during high-energy storm events, including posterior shell displacement as a result of bioturbation. Thus, the calcareous beds represent amalgamated proximal tempestites with a complex taphonomic history, strong temporal/spatial mixing of bioclasts and limited paleoecological resolution. They are a typical example of shell beds generated in a huge epeiric sea, which was not necessarily connected to the ocean and where very low depositional-slope gradient, very slow subsidence and minimum sediment accommodation space caused frequent sediment reworking by storm related processes.

Keywords: Taphonomy; Permian; Teresina Formation; Limestone; Paraná Basin.

INTRODUÇÃO

Bivalvios do Grupo Passa Dois, Permiano da Bacia do Paraná, são conhecidos desde o estudo pioneiro de Holdhaus (1918). Restos desses moluscos, em geral em bom estado de preservação, ocorrem em diversas concentrações fossilíferas, representadas em sucessão estratigráfica nas formações Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rastro, nas assembleias de *Anhembia froesi*, *Pinzonella illusa*, *Pinzonella neotropica*, *Leinzia similis* e *Palaeomutela platiniensis* (Rohn, 1994; Simões, Rocha-Campos, Anelli, 1998). Conforme demonstrado pelos estudos tafonômicos de detalhe de acumulações provenientes de rochas silicoclásticas da Formação Corumbataí (Simões e Torello, 2003; Torello e Simões, 1994; Simões, Torello, Rocha-Campos, 1996; Simões e Kowalewski, 1998), tais concentrações são internamente complexas (vide Kidwell, Fürsich, Aigner, 1986; Fürsich e Oschmann, 1993), onde as feições da matriz sedimentar e as assinaturas tafonômicas em seu conjunto fornecem elementos para a determinação dos processos sedimentares de fundo (e.g., condições reinantes no dia a dia) e os processos responsáveis pela deposição final dos bioclastos (e.g., agente de deposição).

A preservação diferencial de partes duras, principalmente com relação à orientação dos bioclastos na matriz sedimentar, à articulação, à fragmentação e à corrosão está relacionada às variações nas taxas de sedimentação e energia do ambiente (Brett e Baird, 1986). Assim sendo, a biofábrica e qualidade de preservação dos bioclastos podem indicar parâmetros bióticos e abióticos do ambiente e fornecer evidências sobre os processos biológicos envolvidos na sua formação, tais como taxa de produção de partes duras e bioturbação (Fürsich e Oschmann, 1993; Fürsich e Pandey, 1999). Tais estudos podem ter aplicações estratigráficas mais amplas, contribuindo para reconstituir a história deposicional de bacias sedimentares (Fürsich e Oschmann, 1993). No caso do Permiano da Bacia do Paraná essa abordagem é ainda mais relevante, pois a interpretação de alguns ambientes é controversa.

Delimitando o problema

Bivalvios são raros em rochas da parte inferior do Grupo Passa Dois, equivalente à Formação Irati (Beurlen, 1957; Kazubek e Simões, 2002, 2003a, 2003b; Lages, 2004), e permanecem ainda hoje inadequadamente estudados. Na Formação Serra Alta (assembleia de *Anhembia froesi*), embora os bivalvios sejam ligeiramente mais comuns, em geral, estão preservados em argilitos e representados por moldes internos e externos (Maranhão, 1986; Simões et al., 2000). As principais ocorrências estudadas em termos taxonômicos e tafonômicos estão na parte média/superior da Formação Corumbataí, no Estado de São Paulo, onde as conchas estão tipicamente melhor preservadas, comumente em tempestitos, na forma de arenitos bioclásticos (Simões e Kowalewski, 1998) ou coquinas (Simões, Torello, Rocha-Campos, 1996; Simões e Torello, 2003). Na sucessão permiana da borda leste da Bacia do Paraná (estados do Paraná e Santa Catarina), contudo, bivalvios fósseis estão presentes também em rochas carbonáticas da Formação Teresina. Tais ocorrências ainda não mereceram considerações tafonômicas detalhadas, pois fizeram parte de pesquisas estratigráficas mais amplas (Rohn, 1994, 2001; Lourenço, 2003; Rohn, Lourenço, Meglhoratti, 2003; Castro et al., 2001; Meglhoratti, 2005, 2006). Em geral, os estratos carbonáticos apresentam espessuras de alguns milímetros até 40 cm, porém, excepcionalmente, podem apresentar mais do que 4 m de espessura (e.g., Formação Teresina, em Taguaí, SP). Estudos preliminares indicaram que, na Formação Teresina, a maioria das assembleias de bivalvios está preservada em bioespaços, biomicritos e coquinas e fazem parte das biozonas *Pinzonella illusa* e *Pinzonella neotropica*. Além das rochas já mencionadas, também existem biolítitos estromatolíticos e brechas carbonáticas. Muitas vezes, sua organização interna é bastante complexa, denotando múltiplos processos em sua história deposicional (Rohn, 2001; Meglhoratti, 2006).

A presente pesquisa tem por objetivos o estudo tafonômico de rochas carbonáticas conchíferas de duas pedreiras do município Prudentópolis (PRU 1 e PRU 2) da Forma-

ção Teresina, discutindo-se: a) os processos sedimentares envolvidos em sua gênese e b) o grau de resolução paleoecológica das concentrações fossilíferas estudadas. Os dados aqui apresentados constituem informações adicionais para o melhor entendimento das complexas relações entre as rochas carbonáticas e siliciclásticas, seus processos e ambientes deposicionais.

O presente artigo expõe uma parte da análise tafônica realizada por Neves (2009) para rochas carbonáticas conchíferas diversificadas das regiões de Irati (Distrito de Rio Preto), Santo Antônio da Platina e Ribeirão Claro, além da região de Prudentópolis.

LOCALIZAÇÃO E POSIÇÃO ESTRATIGRÁFICA DA CAMADA CARBONÁTICA

As camadas carbonáticas estudadas localizam-se em duas pedreiras do município de Prudentópolis, PR (Figura 1) e, provavelmente, expõem a parte média da Formação Teresina (Neves, 2009). As pedreiras foram denominadas PRU 1 e PRU 2 em Rohn (1994). Em Castro et al. (2001), a camada de PRU 1 foi discutida no contexto de tempestitos grossos. A pedreira PRU 1 localiza-se próximo à área urbana

a leste do centro e imediatamente ao norte do Arroio Xaxim, afluente do rio dos Patos, nas coordenadas UTM 22J 0503,55 km E/7211,55 km N. A altitude na base da pedreira é de 760 m (precisão +/- 10 m). Essa pedreira está desativada, apresentando melhor exposição ao longo de uma distância de 45 m. Apenas os 3 m basais foram descritos em detalhe, pois outras partes estão encobertas pela vegetação. A segunda pedreira de Prudentópolis (PRU 2), coordenadas UTM 22J 504,79 km E/7211, 9 km N, está ativa e localiza-se cerca de 200 m do rio dos Patos e 900 m da rodovia Ponta Grossa-Guarapuava (BR 373), no acesso secundário a Prudentópolis (não pavimentado), aproximadamente 1,8 km a ENE da pedreira antiga de Prudentópolis. A pedreira apresenta ampla exposição, estendendo-se por mais de 200 m no sentido horizontal e 30 m, no vertical, estando a base da pedreira a aproximadamente 740 m de altitude.

Salamuni (1964), observando um poço perfurado na região de Prudentópolis, comentou que o contato inferior da Formação Teresina com a unidade subjacente estaria à profundidade de 140 m. Este autor constatou que 90 m deste intervalo compreenderiam uma repetição rítmica de pelitos com gretas de contração e leitos irregulares com microestratificações cruzadas, geralmente associadas com

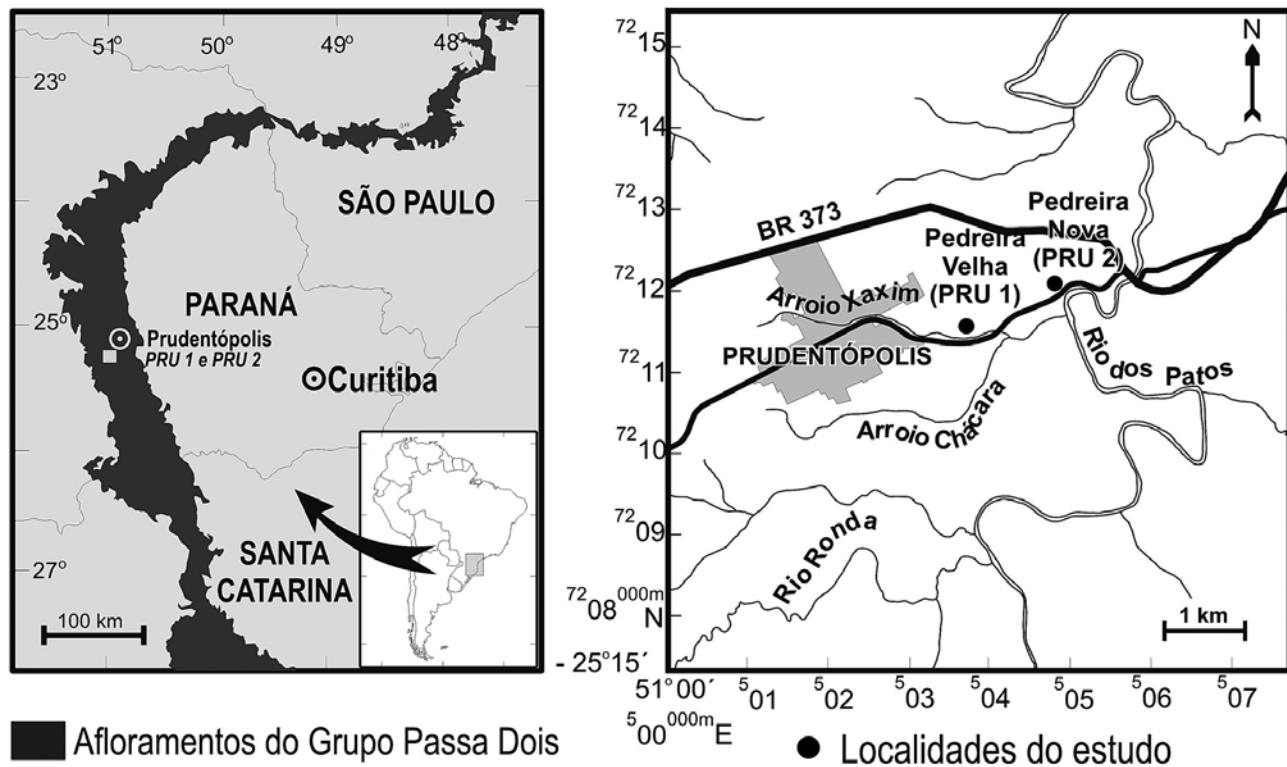


Figura 1. Mapa da porção leste da Bacia do Paraná, destacando-se a parte aflorante do Grupo Passa Dois, e a localização das regiões de estudo.

marcas onduladas. Ocasionalmente ocorreriam camadas de calcário oolítico, alcançando espessuras em torno de 1 m, mas geralmente entre 10 e 30 cm.

Rohn (1994) também estimou que os depósitos das pedreiras em Prudentópolis deveriam estar cerca de 150 m acima da base da formação. Assim, as camadas estudadas podem estar posicionadas aproximadamente no meio da unidade estratigráfica, considerando-se que esta alcança um pouco mais de 300 m de espessura na região de Prudentópolis. Conforme Rohn (2007), esta posição permite inferir que os bivalvios façam parte da Zona *Pinzonella illusa*.

MATERIAS E MÉTODOS

Foram empregados os esquemas de descrição em campo de concentrações fossilíferas sugeridos por Kidwell (1991) e Kidwell e Holland (1991), complementados pelas recomendações de coleta de Simões e Kowalewski (1998) e Simões e Ghilardi (2000). Em laboratório os trabalhos foram realizados conforme o protocolo tafonômico/paleoautoecológico de Simões e Ghilardi (2000), adaptado para o contexto de rochas carbonáticas, cuja classificação seguiu o clássico trabalho de Dunham (1962) e Embry e Klovan (1971). As amostras coletadas foram preparadas de acordo com as técnicas utilizadas por Feldmann, Chapman e Hannibal (1989) e, posteriormente, seccionadas verticalmente com a finalidade de se obter superfícies planas, permitindo observar melhor as características tafonômicas das rochas estudadas e selecionar as regiões mais interessantes para a confecção de lâminas delgadas. As amostras foram descritas macroscópica e microscopicamente, segundo os atributos ou assinaturas tafonômicas utilizando-se, principalmente, as nomenclaturas sugeridas por Kidwell, Fürsich e Aigner (1986), Brett e Baird (1986), Fürsich e Oschman (1986, 1993) e Kidwell e Holland (1991). Finalmente, em função dos objetivos do estudo, a classificação genética da concentração fossilífera seguiu Kidwell (1991) e Fürsich e Oschmann (1993).

RESULTADOS

Os atributos tafonômicos, sedimentológicos e estratigráficos das camadas carbonáticas de Prudentópolis aparecem sumariados na Tabela 1. Os perfis colunares estão ilustrados na Figura 2.

Grainstone oolítico a bivalvios da pedreira “Prudentópolis 1”

A camada de PRU 1 é lateralmente extensa (> 45 m), com aproximadamente 21 a 30 cm de espessura, intercalada em rochas siliciclasticas finas (arenitos/folhelhos in-

terlaminados com acamamento wavy; Figura 2). Essa sobrepõe uma superfície de erosão aproximadamente plana (Figuras 2 e 3A) e apresenta ondulações simétricas ou irregulares no topo (Figura 3C), aparentemente bifurcadas, alcançando 3 cm de altura, 30 a 40 cm de comprimento de onda e direção das cristas quase E-W (N 85°). Segundo Castro et al. (2001), é um tempestito carbonático grosso (*coarse-grained storm beds*, sensu Cheel e Leckie, 1992) composto por calcarenito oolítico/bioclastico e, de acordo com a classificação adotada neste trabalho (Dunham, 1962), trata-se de um *grainstone* oolítico a bivalvios. Na porção superior da camada há laminações cruzadas por ondas ou, segundo Castro et al. (2001), estratificação ondulada truncante ou *microhummocky* (Figura 3E). As ondulações do calcário estão sobrepostas por *drape* de folhelho preto com pequenas gretas de contração e quatro camadas de arenito fino, também “drapeadas” por folhelho preto com gretas, alcançando cerca de 5 cm de espessura (Figura 3D). Tais camadas têm ondulações herdadas da camada carbonática, gradualmente horizontalizadas rumo ao topo. Ligeiramente acima das camadas onduladas seguem-se principalmente siltitos, nos quais ocorrem moldes de bivalvios, caules de licófitas, glossopterídeas, pecopterídeas e oogônios de carótidas (Rohn, 1994). Diversas regiões da camada carbonática encontram-se silicificadas, como representado na Figura 3B (superior).

Os ooides são principalmente esféricos, envelopando valvas de ostracodes, grãos de quartzo e mais raramente fragmentos de bivalvios (Figura 4C'). Sua microestrutura interna é radial formada por cristais de calcita relativamente grossos e, secundariamente, com discreta microestrutura concêntrica (tangencial). Existem alguns ooides com envelopamento lobado. O tamanho dos ooides varia de 0,5 a 1 mm. Muitos ooides estão silicificados, adquirindo coloração alaranjada (Figura 4B). Alguns peloïdes ocorrem misturados com os ooides, similares quanto ao tamanho, com forma esférica ou alongada.

Os bivalvios, em lâmina petrográfica, geralmente são compostos por calcita espática, sem estruturas internas, e têm uma finíssima borda micrítica de coloração mais escura (e.g., diversos exemplares nas Figuras 4D e 4D'). O caráter cristalino das conchas provavelmente provém da cristalização de calcita no espaço resultante da dissolução das conchas, exceto nos bordos micritizados. Bioclastos adicionais no calcário, embora raros, são ostracodes e escamas, bem como outros pequenos restos de peixes, cuja composição fosfática foi mantida.

É nítida a subdivisão da camada calcária em duas porções sucessivas de sedimentitos grossos, gradando para finos, ou seja, com granodecrescência ascendente (Figura 3G). Logo acima da base do primeiro intervalo, há valvas de bivalvios com cerca de 2 cm de comprimento, em se-

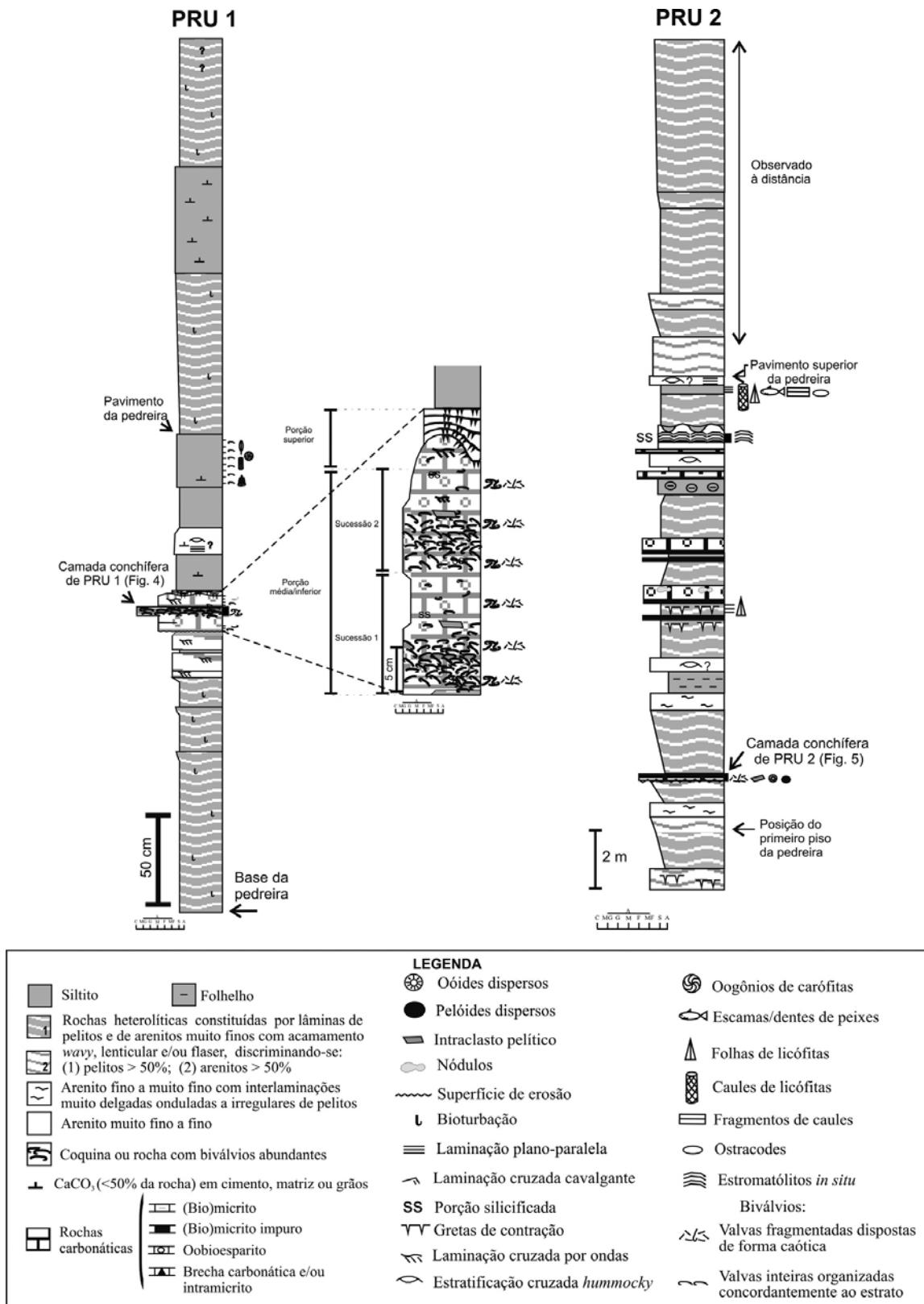


Figura 2. Perfil colunar do afloramento de Prudentópolis.

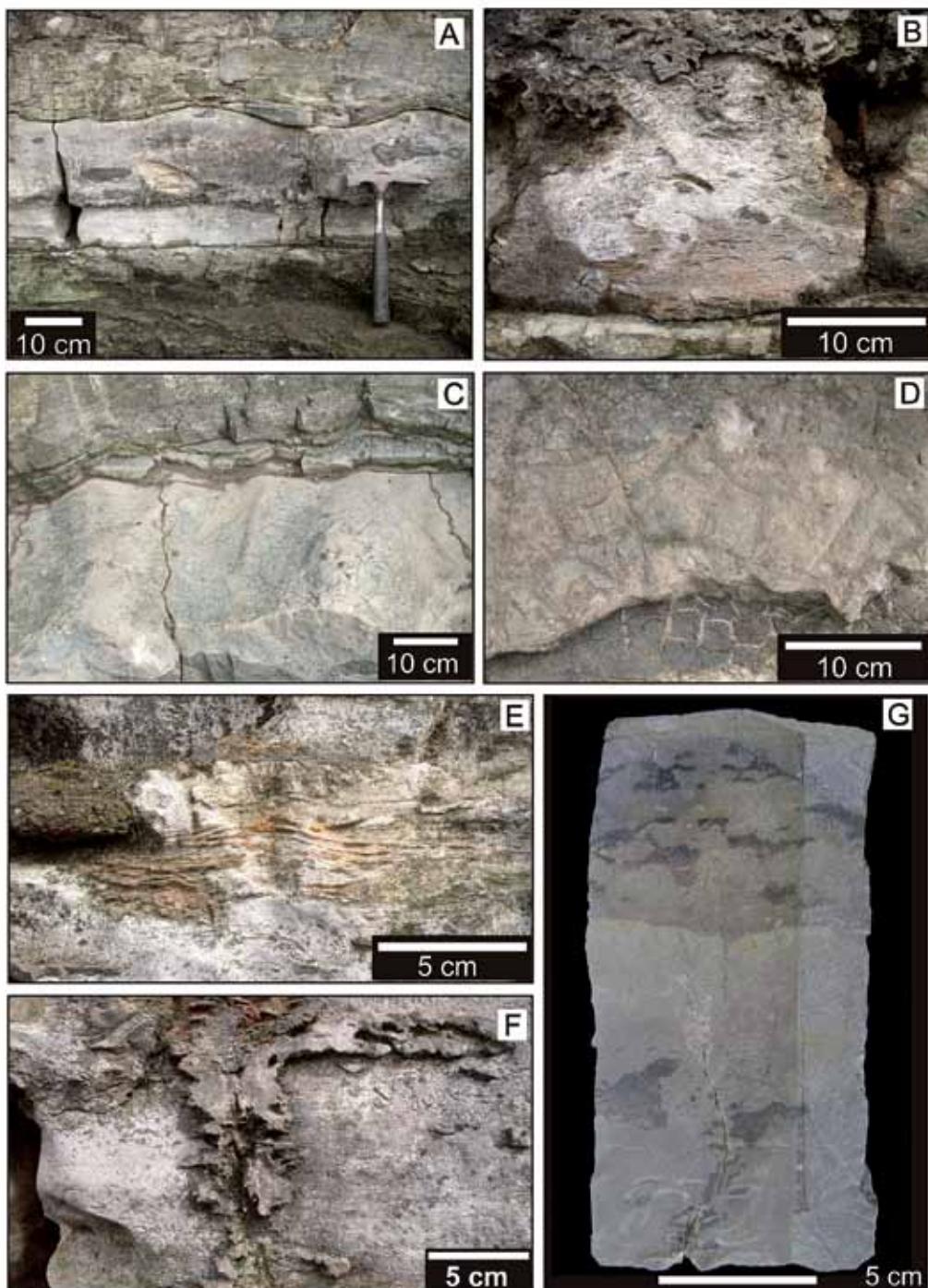


Figura 3. **A.** Afloramento da pedreira de Prudentópolis (PRU 1) com destaque para a camada carbonática estudada com topo ondulado. **B.** Camada de grainstone oolítico a bivalvios apresentando regiões silicificadas (superior). **C.** Topo ondulado sobreposto por folhelhos e arenitos ondulados. Escala = 15 cm. **D.** Drape de folhelho com gretas de contração sobreposto ao calcário, seguindo-se quatro delgadas camadas de arenito também com drapes de folhelhos e gretas, onduladas conforme o topo do calcário e gradualmente horizontalizados no sentido ascendente. Escala: maiores divisões em centímetros. **E.** Laminações cruzadas por ondas (*microhummocky*) na parte superior da camada carbonática. **F.** Porção silicificada da amostra sobressaindo-se na camada carbonática. Escala: maiores divisões em centímetros. **G.** Corte vertical da camada carbonática, com destaque para dois intervalos sucessivos com bioclastos mais grossos, gradando para uma camada com finos (granodecrescência ascendente). Escala = 1 cm.

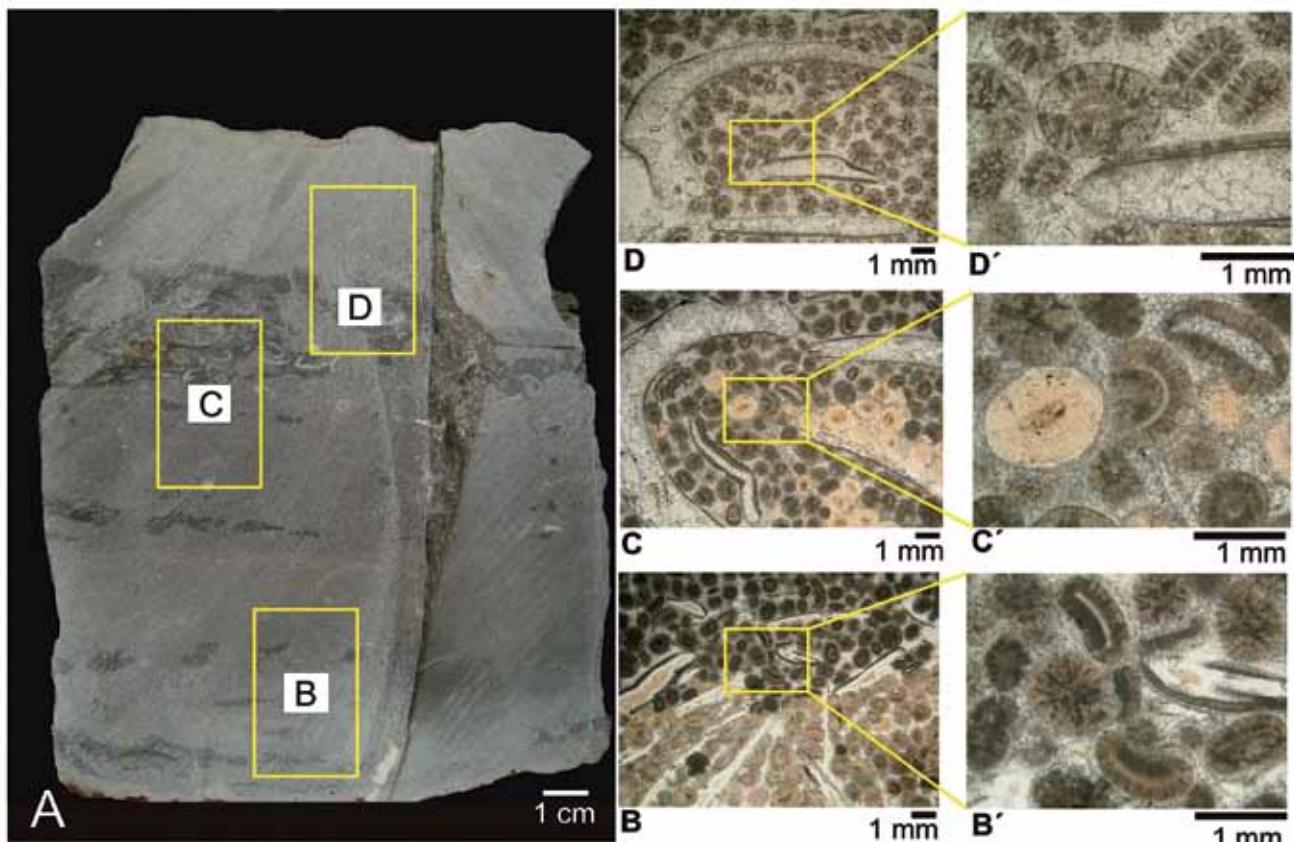


Figura 4. Grainstone a ooides e bivalvios (PRU 1). Porção médio-inferior da camada carbonática (Figura 3). **A.** Corte vertical da amostra com indicação das porções usadas nas lâminas petrográficas. **B.** Porções de ooides diferentemente preservados. **C.** Mistura de ooides silicificados (cor alaranjada) e ooides parcialmente micritizados (escuros). **D.** Fragmentos variados de bivalves distribuídos entre os ooides. **B'**, **C'** e **D'**. São detalhes das fotografias B, C e D. **C'**. Ostracode como núcleo de acréscimo de oóide. **D''**. Fragmento de concha micritizado nas bordas. Nicóis paralelos para todas as fotografias.

dimento de granulação grossa (areia). Gradualmente aparecem fragmentos menores em faixas irregulares aproximadamente horizontais silicificadas, de cor cinza (veja melhor nas Figuras 7A a 7C). Os ooides gradam para granulação fina a muito fina, com conchas dispersas e caoticamente distribuídas. O intervalo 2 (superior) da camada (Figura 3G) apresenta uma sucessão semelhante à primeira, ou seja, valvas maiores e espessas distribuídas em sedimento de granulação areia grossa, com faixas horizontais silicificadas, gradando para granulação mais fina, com menor quantidade de conchas, todas de tamanho pequeno (aproximadamente variando de 2 mm a 1 cm de comprimento, em corte). Há clastos de siltito com até 5 cm de comprimento distribuídos entre os bioclastos. As valvas estão caoticamente distribuídas em toda a camada e o empacotamento varia de disperso a denso, dependendo da região observada (vide Figuras 7A a 7C). Os restos de peixes ocorrem muito dispersos, aparentemente sem organização definida.

Rudstone a bivalvios e ooides da pedreira “Prudentópolis 2”

No afloramento PRU 2, a camada carbonática investigada (Figura 2) situa-se próximo à base da pedreira (Figura 5A), ocorrendo diversas outras camadas carbonáticas, nos 30 m de exposição, com destaque para um banco estromatolítico, silicificado, a cerca de 20 m da base da pedreira, na parte média/superior da Formação Teresina (Ng e Rohn, 2008). As camadas carbonáticas normalmente apresentam espessuras entre 8 e 30 cm, intercalando-se entre rochas siliciclásticas finas. Predominam rochas heterolíticas formadas por folhelhos escuros e arenitos muito finos com acamamento *wavy/flaser/lenticular*. Ocorrem também camadas relativamente espessas de folhelhos (~1 m), às vezes, com gretas de contração (num intervalo da parte inferior da pedreira), siltitos e delgados arenitos muito finos com ondulações, laminationes cruzadas por ondas ou estratificações cruzadas *hummocky*.

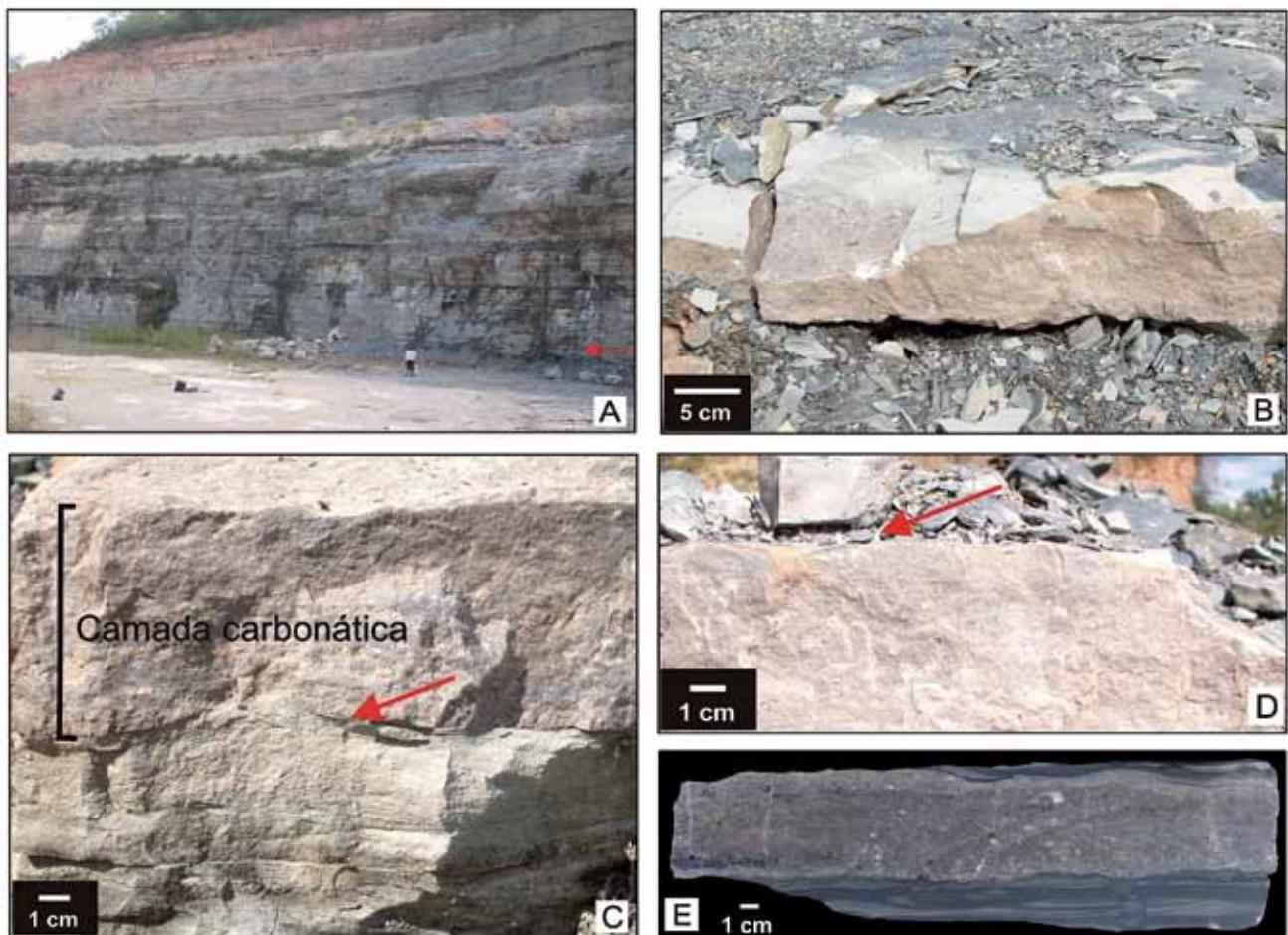


Figura 5. **A.** Vista geral da pedreira PRU 2. **B.** Camada carbonática conchífera da pedreira. **C e D.** Respectivamente, contato inferior com superfície de erosão (seta), e superior ligeiramente ondulado (seta) e recobrimento por drape de folhelho. **E.** Corte vertical da camada carbonática de PRU 2, apresentando aproximadamente 5 cm de espessura. Escala gráfica = 1 cm.

A camada carbonática de PRU 2 apresenta cerca de 5 cm de espessura, contato basal irregular, evidenciando superfície de erosão (Figura 5C) e contato superior levemente ondulado (Figura 5D). A rocha foi classificada como *rudstone* a bivalvios e ooides, semelhante à camada de PRU 1, porém em PRU 2 a camada é suportada por conchas, empacotamento denso (coquina), apresentando mais que 10% de ooides dispersos entre as conchas. Os bioclastos estão caoticamente distribuídos (Figuras 7D e 7E), as valvas estão desarticuladas (Figuras 6B1 a 6B4) e algumas se encontram fragmentadas. Em lâmina petrográfica, diversas características são similares áquelas do calcário em PRU 1, mas as extremidades das conchas estão mais nitidamente arredondadas por abrasão, há maior quantidade de escamas de peixes, ocorrem pequenos coprólitos (provavelmente de peixes), além de haver proporção muito maior de conchas em relação a ooides. No siltito sub-

jacente à camada carbonática de PRU 2 são encontrados icnofósseis de organismos escavadores.

DISCUSSÃO

Gênese e história tafonômica da concentração fossilífera estudada

A Figura 8 apresenta uma síntese ordenada dos possíveis eventos e processos que participaram na gênese das camadas estudadas, incluindo a esquematização dos principais atributos tafonômicos. É importante salientar que o registro preservado não necessariamente materializa todos os eventos ocorridos durante a gênese de uma dada concentração fossilífera (vide Simões e Kowalewski, 1998, para uma discussão desse assunto). Os processos diagenéticos não foram considerados na ilustração, sendo discutidos ao longo do texto.

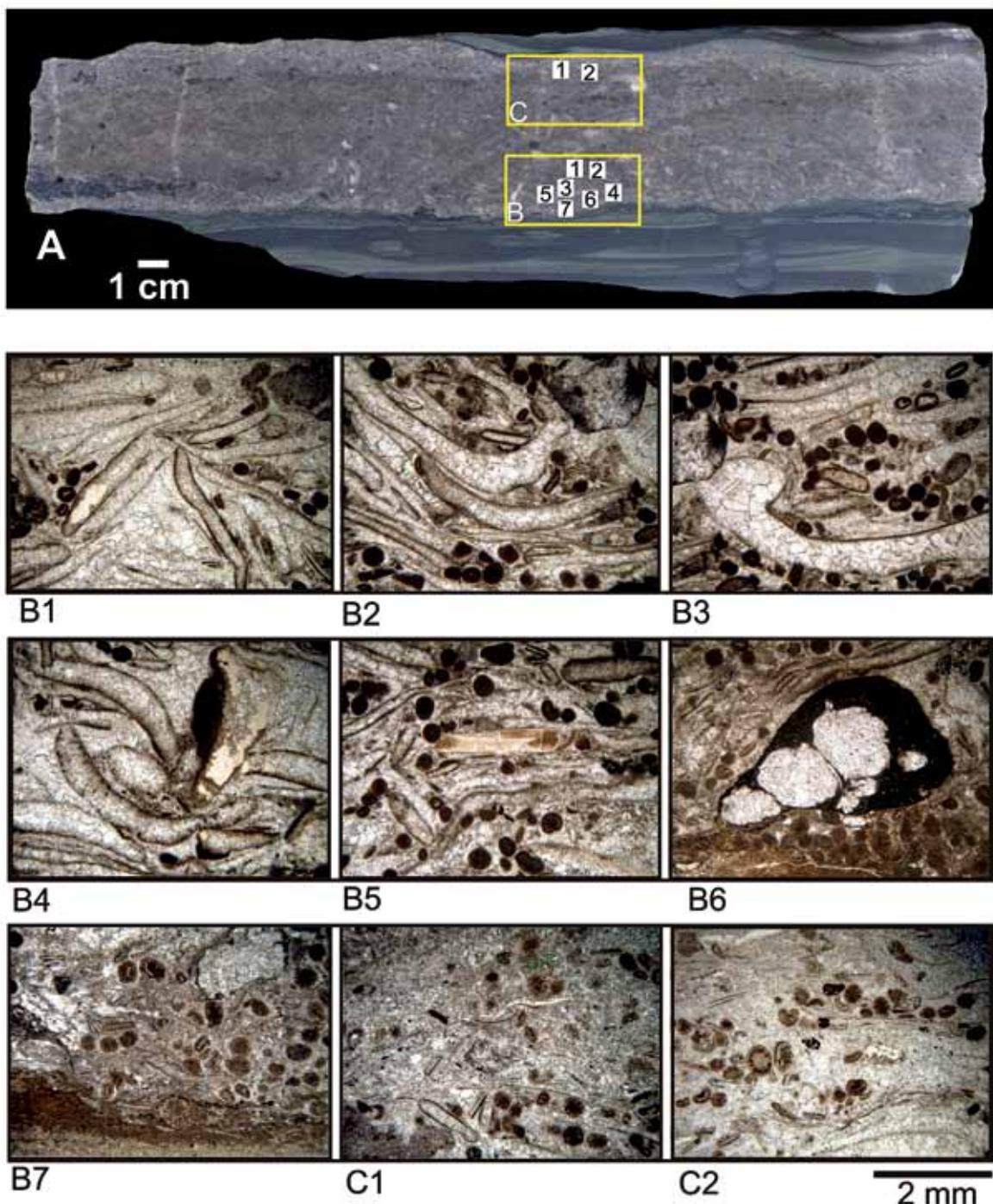


Figura 6. Rudstone a bivalvios e ooides (PRU 2). **A.** Corte vertical da camada com exposição de icnofósseis no siltito subjacente, nítida superfície de erosão no contato basal e suaves ondulações no topo, indicando-se as posições das lâminas petrográficas e das regiões onde as fotos foram obtidas. **B1** e **B3**. Conchas de bivalves de variados tamanhos, distribuídos caoticamente entre os ooides. **B2**. As conchas encontram-se aninhadas. **B4**. Concha silicificada na região superior direita (cor alaranjada). **B5**. Escama de peixe no centro da imagem. **B6**. Coprólito (massa fosfática em preto) na base do calcário. **B7**. Contato com o siltito subjacente à camada carbonática. **C1** e **C2**. Parte superior do calcário exibindo uma menor quantidade de conchas entre ooides dispersos no cimento esparítico. Todas as fotografias das lâminas petrográficas foram obtidas com nícóis paralelos.

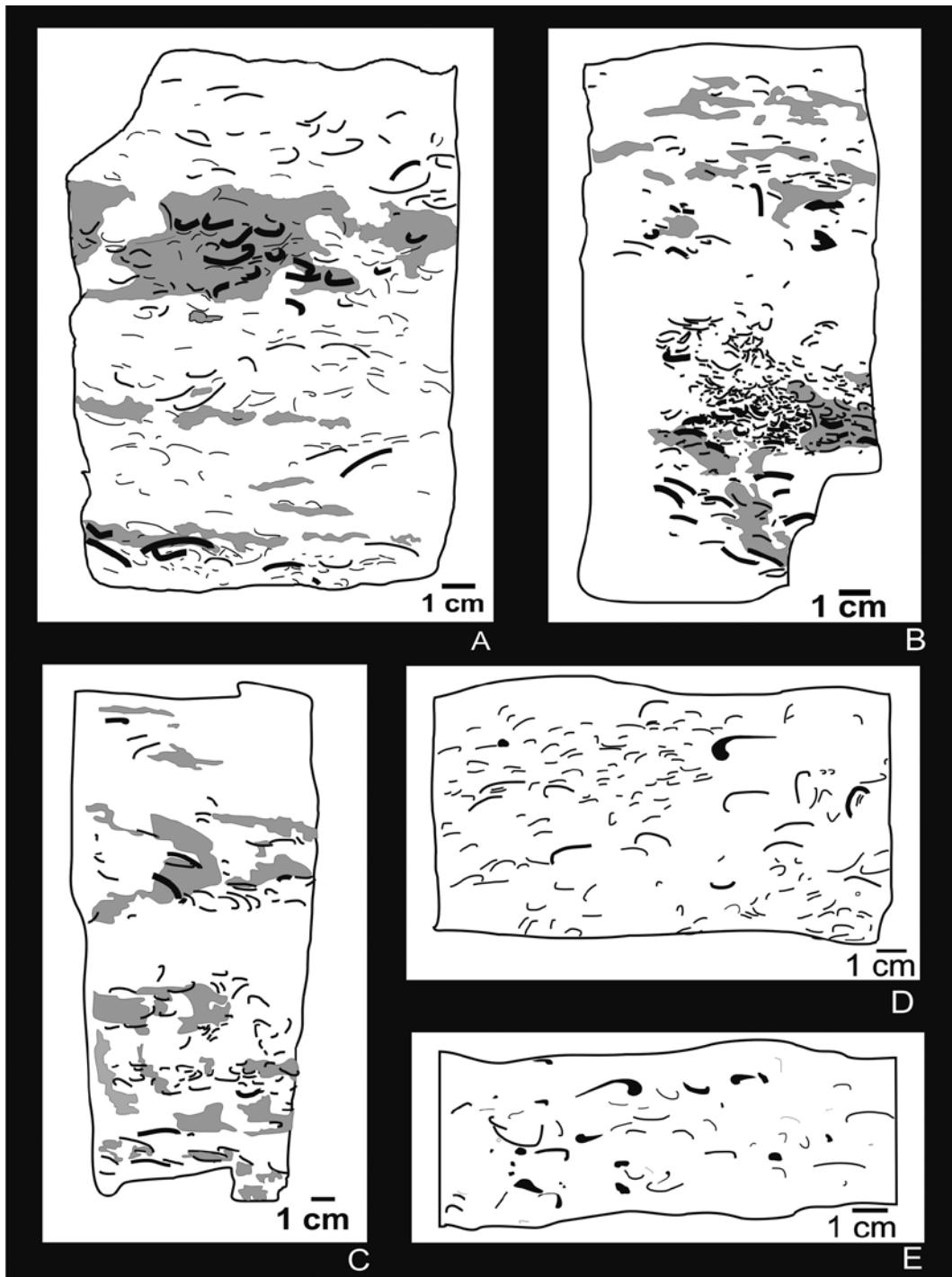


Figura 7. A, B e C. Seções verticais da porção média-inferior do grainstone oolítico a bivalvios em PRU 1, mostrando a distribuição dos bivalvios (Figura 3). As porções representadas em cinza são regiões silicificadas. Na porção basal das seções ocorre as maiores valvas do intervalo, as quais estão recristalizadas. Todas as seções, especialmente B e C, mostram evidente distribuição caótica das conchas. As seções B e C expõem mais claramente dois intervalos com graduação vertical, ocorrendo maiores concentrações de conchas nas porções inferiores de cada intervalo, onde os ooides são mais grossos. **D e E.** Seções verticais do rudstone a bivalvios e ooides em PRU 2 (Figura 5). As conchas estão desarticuladas e apresentam distribuição caótica. Estão representadas apenas as maiores conchas, pois os espaços em branco correspondem a fragmentos pequenos de conchas (rocha suportada por bioclastos), além do cimento espáctico. Não há regiões silicificadas como em PRU 1.

Tabela 1. Caracterização das camadas estudadas (Prudentópolis).

Concentração	Camada de PRU 1 (Prudentópolis)	Camada de PRU 2 (Prudentópolis)
Unidade	Fm. Teresina, afloramento Pedreira Velha Prudentópolis	Fm. Teresina, afloramento Pedreira Nova Prudentópolis
Espessura	30 cm	5 cm
Geometria	Tabular irregular ao longo da exposição (extensão lateral ~45 m)	Tabular irregular ao longo da exposição (extensão lateral > 15 m)
Contatos	Inferior erosivo, superior ondulado a irregular	Inferior erosivo, superior ligeiramente ondulado ou abrupto
Conteúdo não biogênico	Cimento esparártico ("limpo")	Cimento esparártico impuro (lamoso)
Conteúdo biogênico	Bivalvios, ostracodes e raras escamas de peixes	Abundantes bivalvios, ostracodes, raras escamas de peixes e coprólitos
Condíção tafonômica	Fragmentação, desarticulação, raras conchas articuladas	Fragmentação, abrasão, desarticulação

A história tafonômica das acumulações de PRU 1 e PRU 2 teve início com a colonização do substrato por bivalvios. Considerando-se a paleoecologia das espécies identificadas e daquelas mais comuns da Formação Teresina (Ghilardi, 1999), os bivalvios devem ter sido de infauna rasa e suspensívoros em substrato lamoso, obviamente em condições oxidantes. Além da presença da biocenose, ocorria gradual incorporação de conchas dos indivíduos já mortos na lama do substrato, cuja concentração deve ter variado conforme a taxa de sedimentação, tempo de acumulação e taxas reprodutivas (*input*). Da mesma forma, ocorria acumulação natural de restos de peixes (principalmente escamas e coprólitos, Figura 6, e alguns dentes isolados) e carapaças de ostracodes que viveram, morreram e sofreram decomposição no biótopo dos bivalvios ou nas proximidades.

No caso de PRU 1, ooides foram gerados em outro local da bacia, não muito distante da biocenose. A organização interna de cada oóide, sem camadas concêntricas bem desenvolvidas, e sua forma por vezes alongada (Figura 4D') ou irregular são típicas de ambientes carbonáticos restritos e não de regiões costeiras de mares abertos (Strasser, 1986; Flügel, 2004). Valvas desarticuladas de ostracodes estavam disponíveis no ambiente gerador de ooides, pois frequentemente constituíram o seu núcleo de acreção. A origem dos ooides na Formação Teresina é discutida em Rohn (1994, 2001), Lourenço (2003) e Meglhioratti (2006). Formaram-se em bancos rasos (*shoals*) de ambientes com águas claras, limpas, sem terrígenos em suspensão, alcalinas, possivelmente hipersalinas, sob influência esporádica ou frequente de ondas (girando os ooides). Intensas tempestades redistribuíram os ooides dos bancos rasos para áreas mais extensas da bacia (Rohn, 1994, 2001). Desta forma, interrompendo um período de relativa estabilidade no habitat calmo dos

bivalvios, sucedeu-se evento de tempestade, na qual fortes ventos induziram ondas na água e fluxos derivados. As conchas (vivas e mortas) foram exumadas do substrato e ficaram susceptíveis ao transporte na zona tafonomicamente ativa, em parte, referente à interface água/sedimento. Em decorrência dessas condições, a maioria das valvas sofreu desarticulação e fragmentação, raras permanecendo articuladas. O processo de exumação das conchas obviamente esteve associado à colocação dos sedimentos mais finos do substrato em suspensão e sua provável remoção para outras áreas do ambiente deposicional. Conforme as condições da energia hidráulica, as conchas podem ter sido transportadas em suspensão ou por tração.

Tendo em vista que a biocenose referente à camada de PRU 1 vivia em substrato lamoso e que, por outro lado, as conchas estão preservadas num *grainstone* oolítico, está claro que houve mistura de ooides com bioclastos alóctonos. Portanto, ao fim da tempestade, quando a energia hidráulica estava abrandando, procedeu-se a deposição dos grãos, com organização granodecrescente ascendente (fase C da Figura 8). Tais grãos são constituídos pelas conchas, pelos ooides, alguns raros peloïdes, alguns grãos de quartzo procedentes de sítios não carbonáticos, assim como raros clastos geralmente angulosos de folhelhos/argilitos. Os clastos pelíticos provavelmente são derivados de agretamento de lama por exposição subáerea antes da tempestade ou refletem erosão do substrato nas fases mais intensas da tempestade.

Considerando-se que, em PRU 1, há sobreposição do primeiro intervalo granodecrescente por um segundo intervalo, (Figura 3G), todas as etapas se repetiram: exumação, morte e retrabalhamento dos bivalvios, mistura com ooides e outros clastos, deposição final dos grãos com granodecrescência ascendente e posterior bioturbação. Antes da deposição do segundo intervalo houve erosão da parte superior

do primeiro. A história tafonômica encerrou-se com mais uma deposição de ooides num último episódio de energia relativamente alta, quando se originaram laminações cruzadas por ondas e leito ondulado. Após a deposição do calcário, já em condições de baixa energia, ocorreu decantação de argila (evidenciada pela fina lâmina de folhelho escuro sobreposta ao calcário) e exposição subaérea, processo que formou gretas de contração. Seguiram-se quatro pequenos ciclos de sedimentação, cada qual representado pela deposição de uma delgada camada de areia ondulada, novo “drapamento” por argila e ressecamento. Considerando-se que as exposições subaéreas provavelmente aconteceram pouco tempo após a deposição da camada carbonática e que neste curto período, portanto, não devam ter ocorrido grandes oscilações da profundidade do ambiente deposicional, pode-se inferir que a camada carbonática se originou em condições de águas muito rasas. A série de eventos descrita acima está esquematizada na Figura 8.

A camada carbonática de PRU 2 também foi formada pela sequência de eventos ABCD (Figura 8), diferindo de PRU 1 pela ausência de exposição subaérea após a sedimentação. O calcário PRU 2 é bem mais delgado que o de PRU 1, porém é suportado por bioclastos e apresenta alguns ooides dispersos no cimento esparártico, misturados às conchas. O denso empacotamento dos bioclastos (coquina) indica que os processos de alta energia na deposição da camada, provavelmente, foram mais intensos, acumulando mais conchas, ou tiveram maior duração que em PRU 1, gerando uma concentração mais amalgamada. Pode ter havido recorrência dos episódios de tempestade, pois a etapa B na Figura 8, não necessariamente representa exumação/retrabalhamento numa única tempestade.

Adicionalmente, a maioria dos ostracodes reconhecidos nas lâminas petrográficas, de ambos os calcários, está com as valvas das carapaças apenas desarticuladas e não fragmentadas, ao contrário das conchas de bivalvios. Por serem as carapaças muito menores que as conchas de bivalvios, em condições turbulentas elas normalmente podem ser colocadas em suspensão, transportadas flutuando acima do substrato e poupadass da fragmentação (Holz e Simões, 2002).

O contato irregular entre as camadas carbonáticas e as rochas siliciclásticas subjacentes em PRU 1 e PRU 2 constitui evidência de um acentuado processo erosivo ocorrido durante a tempestade, antes do início da sedimentação. Após a tempestade, organismos bioturbadores colonizaram o depósito, alterando feições da biofábrica ou biotrama, geradas pela tempestade, o que proporcionou uma distribuição caótica dos bioclastos no depósito, quase obliterando a granodecrescência ascendente dos grãos.

Dentre os processos pós-deposicionais ocorridos nos calcários de Prudentópolis destaca-se a micritização microbial, que resultou na formação de envelopes de micri-

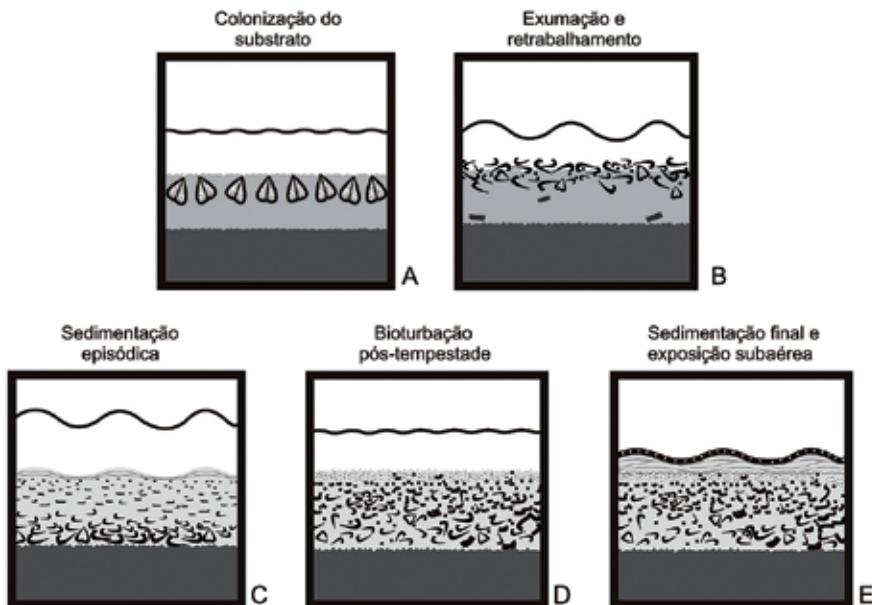
ta em torno dos bioclastos e em grãos sedimentares. A micritização é reconhecível pela borda escura de algumas conchas (Figuras 4D' e 6) e normalmente é causada pelo ataque de microrganismos (e.g., algas, cianobactérias e fungos) nas suas superfícies (Flügel, 1982; Aigner, 1984; Tucker, 1992). Posteriormente, na diagênese, a parte da aragonita ainda não micritizada foi dissolvida e o respectivo espaço foi preenchido por calcita espártica. Os envelopes micríticos têm o importante papel da manutenção da morfologia externa original das conchas (Tucker e Wright, 1990; Flügel, 1982). O processo é tradicionalmente denominado como “recristalização”, porém, no caso das conchas, não ocorreu transformação direta da aragonita para calcita. Outro processo diagenético observado em Prudentópolis é a substituição parcial do carbonato por sílica.

Tempestitos proximais e distais nas formações Teresina/Corumbataí têm sido reconhecidos a partir das duas últimas décadas do Século XX (vide Lavina, 1991; Cunha e França, 1994; Rohn, 1994, 2001, 2007; Simões, Torello, Rocha-Campos, 1996; Simões e Kowalewski, 1998; Castro et al., 2001; Simões e Torello, 2003; Holz et al., 2009). A grande quantidade de tempestitos corrobora a afirmação de Kreisa e Bambach (1982), de que tempestades foram os principais agentes deposicionais em ambientes do Paleozóico. Entre diversos exemplos de tempestitos com conchas depositados em mares epicontinentais estão o Grupo Hamilton (Devoniano) dos EUA e Canadá (Brett, 1999) e o Zechstein (Permiano) da Alemanha (Aigner, 1984).

Conforme discutido em Kidwell (1991, 1993) as concentrações esqueletais podem ser classificadas como a) concentrações por evento, b) concentrações compostas, c) concentrações amalgamadas e d) concentrações residuais. As camadas calcárias de Prudentópolis, portanto, são corpos amalgamados e complexos, cuja origem incluiu a participação de pelo menos três episódios de tempestade. Tal ocorrência enriquece o registro de concentrações fossilíferas internamente complexas do Grupo Passa Dois, geradas tanto nos ambientes siliciclásticos, quanto nos carbonáticos, registrando diversos episódios de exumação, transporte/retrabalhamento, retroalimentação tafonômica e soterramento dos bioclastos (vide Torello e Simões, 1994; Simões, Torello, Rocha-Campos, 1996; Simões e Kowalewski, 1998; Neves, 2009).

Corpos amalgamados complexos, evidenciando inúmeros retrabalhamentos, assim como diversas outras características estratigráficas da Bacia do Paraná, são típicos de bacias intracratônicas, com subsidência muito lenta em áreas extensas, pouquíssimo espaço de acomodação de sedimentos, gradiente deposicional também baixíssimo e águas normalmente muito rasas (Lavina, 1991; Cunha e França, 1994; Rohn, 1994, 2001, 2007; Pöppelreiter e Aigner, 2003; Holz et al., 2009). Nessa situação, grandes áreas podem sofrer

Possíveis Eventos Envolvidos na Acumulação de Conchas



Registro preservado

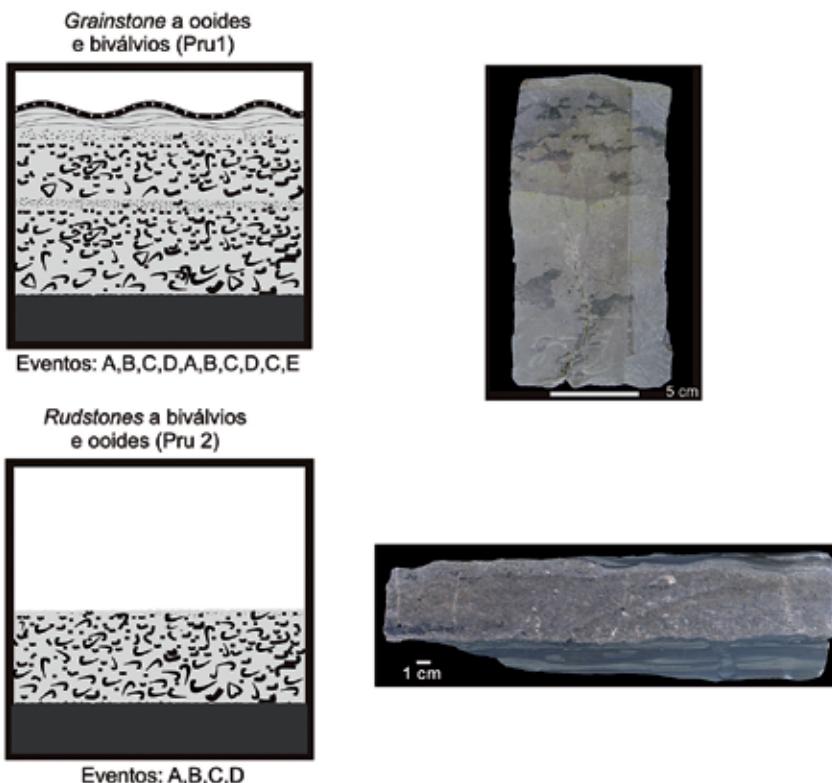


Figura 8. Síntese dos principais eventos que podem ter participado na gênese da camada carbonática conchífera estudada (exceto a diagênese), incluindo esquema e fotografia representativa da rocha. Interpreta-se que houve repetição dos quatro primeiros eventos (A, B, C e D).

resssecamento, formando-se gretas de contração até muito distalmente. De fato, gretas de contração são muito comuns em diversos níveis e amplas áreas da Formação Teresina (Salamuni, 1964; Rohn, 1994, 2001).

Quase todas as rochas siliciclásticas da Formação Teresina estão organizadas como sucessões granocrescentes cíclicas, representando ciclos de “raseamento” do ambiente deposicional (Rohn, 2001, 2007). A ciclicidade na Formação Teresina vem sendo discutida desde o trabalho de Salamuni (1964), o qual enfatizou a repetição vertical de gretas de contração, arenitos ondulados, com intercalações de calcários.

Os carbonatos da Formção Teresina encontram-se frequentemente posicionados entre as sucessões siliciclásticas, porém igualmente parecem estar intercalados de modo aparentemente aleatório (Rohn, 2001; Rohn et al., 2003; Meglrioratti, 2006). A maioria contém certa proporção de grãos de quartzo. É possível que, às vezes tenha ocorrido sedimentação carbonática, concomitante à siliciclástica, em sítios deposicionais distintos da Bacia do Paraná.

Pöppelreiter e Aigner (2003) apresentaram um modelo de sedimentação de bacia intracratônica que pode ser parcialmente aplicado à Bacia do Paraná. Diferentemente dos ambientes modernos dominados por ondas, teriam existido extensas costas lamosas nas bacias intracratônicas, pois o baixíssimo gradiente abafava as ondas nas porções mais rasas. As regiões de maior energia ou mais comumente influenciadas por ondas de tempestade estariam localizadas em posições muito mais distais do que nos ambientes modernos, talvez a centenas de quilômetros da margem do meio aquoso. Ainda mais distalmente, os mares epeiricos voltariam a apresentar energia mais baixa, embora ainda com alguma influência de ondas (Pöppelreiter e Aigner, 2003). Mudanças mínimas do nível de base causariam deslocamentos da linha de costa por vastas áreas, por exemplo, da ordem de 300 km por 1 m de elevação ou abaixamento do nível relativo de base (Pöppelreiter e Aigner, 2003). Como o espaço de acomodação de sedimentos era mínimo e uniformemente distribuído nas bacias cratônicas, o arranjo sedimentar é agradacional, com muitas fácies amalgamadas, onde estariam embutidas inúmeras e enormes discordâncias. Segundo Pöppelreiter e Aigner (2003), a sedimentação carbonática, especialmente de ooides e de camadas gradadas com conchas, teria ocorrido nas fases em que o nível de base estava alto e começando a abaixar, antes da “contaminação” do meio aquático por sedimentos siliciclásticos que chegavam às porções distais das bacias intracratônicas nas fases regressivas.

Aplicando-se o modelo de Pöppelreiter e Aigner (2003) à sucessão de Prudentópolis, os calcários deveriam representar bancos de ooides em sítios de sedimentação relativamente distais, ainda assim com águas rasas e alta ener-

gia. Os pelitos com vegetais fósseis encontrados um pouco acima do calcário de PRU 1, incluindo os oogônios de algas carófitas, evidenciam condições bem mais proximais.

Embora Pöppelreiter e Aigner (2003) não tenham discutido a influência do clima em seu modelo, este fator deve ter sido fundamental na Bacia do Paraná, considerando-se sua condição de mar interior, sem evidências seguras de conexão ao oceano e, portanto, sendo improvável algum controle pelas variações eustáticas globais. A sedimentação de carbonatos pode ter sido facultada em fases climáticas relativamente mais secas, quando aumentava a salinidade e diminuía a turbidez da água, já que a menor pluviosidade causava redução do aporte de água doce e de sedimentos terrígenos à bacia (Rohn, 1994, 2001, 2007; Meglrioratti, 2006). Os pelitos com vegetais fósseis sobrepostos ao carbonato de PRU 1, provavelmente representam uma fase um pouco mais úmida, quando mais siliciclastos entravam na bacia e salinidades pelo menos localmente baixas no ambiente (no máximo salobras) permitiam a colonização por algas carófitas.

Implicações paleontológicas: resolução paleoecológica das concentrações analisadas

Conforme longamente sabido, concentrações fósseis, a moda de coquinas e arenitos bioclásticos são a fonte primordial e alvo preferencial de amostragens para estudos paleontológicos (Simões e Kowalewski, 1998). Entretanto, a pesquisa tafonômica especialmente desenvolvida nas décadas de 1980 e 1990 demonstrou, claramente, que tais concentrações esqueletais são enviesadas (*biased*), com respeito a uma série de parâmetros (e.g., fidelidade compositonal, fidelidade ecológica, resolução temporal etc.). Paralelamente, diversos estudos (veja Kidwell, 1993 e Holz e Simões, 2005, para sínteses) demonstraram que tais concentrações não estão distribuídas aleatoriamente nas sucessões sedimentares, já que são os produtos das variações do nível de base, da energia do ambiente, das taxas de sedimentação e da produtividade bentônica ao longo de gradientes batimétricos (e.g., águas rasas/profundas) (Holz e Simões, 2005).

Grainstones normalmente não refletem a densidade original de conchas de uma dada biocenose, e sim repetidos eventos de retrabalhamento das partículas por eventos de alta energia (Drummond e Sheets, 2001). Os calcários de Prudentópolis claramente demonstram a repetição dos processos através da mistura de conchas silicificadas, fragmentadas, articuladas fechadas e outras ainda não silicificadas. Acredita-se, portanto, que nas camadas estudadas, cada episódio de retrabalhamento incorporou e misturou novos sedimentos e conchas que viveram em tempos distintos, de modo que apresentam baixa resolução tempo-

ral e espacial (mistura de elementos parautóctones a alóttones). A mistura temporal pode ter sido da ordem de 10^2 a 10^4 anos, com base em exemplos do Recente (Simões e Kowalewski, 1998). Portanto, a assembleia fossilífera nos calcários de Prudentópolis não guarda as relações paleoecológicas originais entre os organismos, nem com o seu ambiente de vida.

SUMÁRIO E COMENTÁRIOS FINAIS

O *grainstone* a ooides e bivalvios de PRU 1 e o *rudstone* a bivalvios e ooides de PRU 2 são importantes exemplos de rochas geradas em condições turbulentas, associadas a tempestades, representando tempestitos proximais (ou relativamente distais), amalgamados e empilhados. Trata-se do mesmo padrão já observado em diversas ocorrências originadas em mares epicontinentais de bacias intracratônicas. Portanto, as concentrações estudadas refletem, em maior ou menor grau, o caráter raso do lago/mar da Bacia do Paraná, com baixíssimas taxas de sedimentação, pontuadas por eventos de alta energia (tempestades). Desse modo, a utilização da informação paleoambiental contida nesses calcários deve ser feita a partir da perspectiva de que possuem apreciável mistura temporal e, possivelmente, espacial.

AGRADECIMENTOS

Pesquisa realizada com apoio financeiro do CNPq (Proc. 135018/2007) e da FAPESP (Proc. 07/57892-0). Os autores gostariam de agradecer a Paulo Tibana (UNESPetro/Núcleo de Petrologia Carbonática-NOPEC), pelo auxílio nas análises petrográficas; à Suzana Aparecida Matos da Silva pelo auxílio nas atividades de laboratório; a Christiano Ng e Juliana M. David pela contribuição nos trabalhos de campo. Os professores Dimas Dias-Brito e Joel Carneiro de Castro (UNESPetro/Núcleo de Petrologia Carbonática-NOPEC) teceram comentários importantes nas versões iniciais desse manuscrito, aos quais os autores agradecem. Finalmente, gostaríamos de expressar nossos agradecimentos aos revisores do artigo, Setembrino Petri (GSA/IGe-USP) e Ismar de Souza Carvalho (UFRJ/IGEO), cujos comentários, correções e sugestões contribuíram para melhoria da versão final.

REFERÊNCIAS

- AIGNER, T. Dynamic stratigraphy of epicontinental carbonates, Upper Muschelkalk (M. Triassic), South-German Basin. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Abhandlungen*, v. 169, n. 2, p. 127-159, 1984.
- BEURLEN, K. Faunas salobras fósseis e o tipo ecológico-paleogeográfico das faunas Gondwânicas no Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 229-241, 1957.
- BRETT, C. E. Middle Devonian Arkona Shale of Ontario, Canada, and Silica Shale of Ohio, USA. In: HESS, H.; AUSICH, W. I.; BRETT, C. E.; SIMMS, M. J. *Fossil Crinoids*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1999. p. 137-141.
- BRETT, C. E.; BAIRD, G. C. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, Tulsa, v. 4, p. 303-309, 1986.
- CASTRO, J. C. de; ROHN, R.; CASTRO, M. R. de; TOLEDO, C. E. V. Camadas de tempestito grosso (coarse grained storm beds): exemplos do Permiano da bacia do Paraná. *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, v.54, n. 3, p. 179-184, 2001.
- CHEEL, R. J.; LECKIE, D. A. Coarse-grained storm beds of the Upper Cretaceous Chungo Member (Wapiabi Formation), southern Alberta, Canada. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 62, n. 6, p. 933-945, 1992.
- CUNHA, P. R. C.; FRANÇA, A. B. Estudo das taxas de sedimentação das formações Teresina e Rio do Rasto, Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, v. 8 n. 2-4, p. 347-359, 1994.
- DUNHAM, R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *American Association of Petroleum Geologic*, Tulsa, v. 1, p. 108-121, 1962.
- DRUMMOND, C.; SHEETS, H. Taphonomic reworking and stratal organization of tempestite deposition: Ordovician Kope Formation, Northern Kentucky, USA. *Journal of Sedimentology Research*, Tulsa, v. 71, n. 4, p. 621-627, 2001.
- EMBRY, A. F.; KLOVAN, J. E. A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island NWT. *Canadian Petroleum Geology Bulletin*, v. 19, p. 730-781, 1971.
- FELDMANN, R. M.; CHAPMAN, R. E.; HANNIBAL, J. T. Paleotecniques. *The Paleontological Society Special Publications*, Tennessee, n. 4, p. 1- 358, 1989.
- FLÜGEL, E. *Microfacies analysis of limestones*. Berlim: Springer-Verlag, 1982. 633 p.

- FLÜGEL, E. *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*. Berlim: Springer Verlag, 2004. 976 p.
- FÜRSICH, F. T.; OSCHMANN, W. Storm shell beds of *Nanogyra virgule* in the Upper Jurassic of France. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*. Stuttgart, v. 172, p. 141-161, 1986.
- FÜRSICH, F. T.; OSCHMANN, W. Shell beds as tool in basin analysis: The Jurassic of Kachchh, western India. *Journal of the Geology Society*. London, v. 150, p. 169-185, 1993.
- FÜRSICH, F. T.; PANDEY, D. K. Genesis and environmental significance of Upper Cretaceous shell concentration from the cauvery basin, southern India. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, v. 145, p. 119-139, 1999.
- GHILARDI, R. P. *Paleoautoecologia dos bivalves do Grupo Passa Dois (Neopermiano) no Estado de São Paulo: bivalves fósseis como indicadores da dinâmica sedimentar*. 1999. 160 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- HOLDHAUS, K. Sobre alguns lamellibranchios fósseis do sul do Brasil. *Monografia. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, Rio de Janeiro, n. 2, p. 1-24, 1918.
- HOLZ, M.; FRANÇA, A. B.; SOUZA, P. A.; IANNUZZI, R.; ROHN, R. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 381-399, 2009.
- HOLZ, M.; SIMÕES, M. G. *Elementos fundamentais de tafonomia*. Porto Alegre: UFGRS, 2002. 240 p.
- HOLZ, M.; SIMÕES, M. G. Taphonomy: an Overview of Main Concepts and Applications to Sequence Stratigraphic Analysis. In: KOUTSOUKOS, E. M. C. (Org.). *Topics in Geobiology: Applied Stratigraphy*. 1 ed. USA: Springer, v. 23, p. 249-279, 2005.
- KAZUBEK, M. F.; SIMÕES, M. G. The lost fauna unearthed: Permian bivalves of the Irati Formation (Passa Dois Group), Paraná Basin, Brazil. *Paleontologia em Destaque*, Porto Alegre, v. 40, p. 31-32, 2002.
- KAZUBEK, M. F.; SIMÕES, M. G. Permian bivalves of the Irati Formation (Passa Dois Group, Paraná Basin) and their paleoecological significance. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18., 2003, Brasília. *Boletim de Resumos...* Brasília: SBP, 2003a. p. 161.
- KAZUBEK, M. F.; SIMÕES, M. G. Feições sedimentológicas, bioestratigráficas e estratigráficas das concentrações de bivalves do Membro Taquaral (Formação Irati, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná) e seus significados. *Paleontologia em Destaque*, Porto Alegre, v. 44, p. 29-29, 2003b.
- KIDWELL, S. The stratigraphy of shell concentrations. In: ALLISON, P. A.; BRIGGS, D. E. G. (Ed.). *Taphonomy: Releasing Data/Locked in the Fossil Record: topics in geobiology*. New York: Plenum Press, v. 9, 1991, p. 211-290.
- KIDWELL, S. M. Influence of subsidence on the anatomy of marine siliciclastic sequences and on the distribution of shell bone bed. *Journal of the Geology Society*, Londres, v. 150, p. 165-167, 1993.
- KIDWELL, S. M.; HOLLAND, S. M. Field description of coarse bioclastics fabrics. *Palaios*, Tulsa, v. 6, p. 426-434, 1991.
- KIDWELL, S. M.; FURSICH, F. T.; AIGNER, T. Conceptual framework for the analysis of fossil concentrations. *Palaios*, Tulsa, v. 1, p. 228-238, 1986.
- KREISA, R. D.; BAMBACH, R. K. The role of storm processes in generating shell beds in Paleozoic Shelf Environments. In: EINSELE, G.; SEILACHER, A. (Ed.). *Cyclic and Event Stratification*. Berlim: Springer, 1982. p. 200-222.
- LAGES, L. C. *A Formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná) no furo de sondagem FP-01-PR (Sapopema, PR)*. 2004. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- LAVINA, E. L. *Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná*. 1991. 333 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

LOURENÇO, A. T. A. *As formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Permiano) na região de Sapopema - São Jerônimo da Serra, PR.* 2003. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

MARANHÃO, M. S. A. S. *Contribuição ao conhecimento da malacofauna das camadas basais da Formação Corumbataí (Permiano) Estado de São Paulo.* 1986. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade São Paulo, São Paulo, 1986.

MEGLHIORATTI, T. *Estratigrafia do Grupo Passa Dois na região de Sapopema-Congonhinhas/PR (Permiano, Bacia do Paraná).* 2005. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

MEGLHIORATTI, T. *Estratigrafia de seqüências das formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Bacia do Paraná) na porção nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo.* 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

NEVES, J. P. *Tafonomia de rochas carbonáticas conchíferas das formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Bacia do Paraná).* 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2009.

NG, C.; ROHN, R. Estromatólitos permianos da Formação Teresina em Prudentópolis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44., 2008, Curitiba. Anais... Curitiba: SBG, 2008. v. 1, p. 1041.

PÖPPELREITER, M.; AIGNER, T. Unconventional pattern of reservoir facies distribution in epeiric successions: Lessons from an outcrop analog (Lower Keuper, Germany). *AAPG Bulletin*, v. 87, n. 1, p. 39-70, 2003.

ROHN, R. *Evolução Ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná.* 1994, 2 v., 386 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

ROHN, R. A estratigrafia da Formação Teresina (Permiano, Bacia do Paraná) de acordo com furos de

sondagem entre Anhembi (SP) e Ortigueira (PR). In: MELO, J. H. G.; TERRA, G. J. S. (Ed.). *Correlação de seqüências Paleozóicas Sul-Americanas.* Rio de Janeiro: Petrobrás, 2001. p. 209-218. (Ciência-Técnica-Petróleo/Seção: Exploração de Petróleo, n. 20).

ROHN, R. The Passa Dois Group (Paraná Basin, Permian): investigations in progress. In: WORKSHOP - PROBLEMS IN THE WESTERN GONDWANA GEOLOGY, SOUTH AMERICA - AFRICA CORRELATIONS: DU TOIT REVISITED, 1., 2007. Gramado. *Extended Abstracts...* Porto Alegre: UFRG, 2007. p. 151-157.

ROHN, R.; LOURENÇO, A. T. A.; MEGLHIORATTI, T. As formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto no furo de sondagem SP-23-PR (Permiano, Grupo Passa Dois, Borda Leste da Bacia do Paraná). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA & DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS. 2003. Rio de Janeiro. *Resumos...* Rio de Janeiro: UFRJ, Petrobrás, 2003. v. 1, p. 40-41.

SALAMUNI, R. Novas observações sobre estruturas sedimentares rítmicas no Permiano Paranaense. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 10-15, p. 179-199, 1964.

SIMÕES, M. G.; KOWALEWSKI, M. Shell beds as paleoecological puzzles: a case study from the Upper Permian on the Paraná Basin, Brazil. *Facies*, Erlangen, v. 38, p. 175-196, 1998.

SIMÕES, M. G.; ROCHA-CAMPOS, A. C.; ANELLI, L. E. Paleoecology and evolution of Permian pelecypod assemblages (Paraná Basin) from Brazil. In: JOHNSTON, P. A.; HAGGART, J. W. (Ed.). *Bivalves - An Eon of evolution - Paleobiological studies honoring Norman D. Newell.* Calgary: University of Calgary Press. 1998. p. 443-452.

SIMÕES, M. G.; GHILARDI, R. P. Protocolo tafonômico/paleoautoecológico como ferramenta na análise paleossinecológica. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, v. 27, n. 2, p. 3-13, 2000.

SIMÕES, M. G.; TORELLO, F. F. Modelo de tafofácies para os moluscos bivalves do Grupo Passa Dois (Formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí), Permiano Superior, Bacia do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, Brasília, v. 33, n. 3, p. 1-10, 2003.

SIMÕES, M. G.; TORELLO, F. F.; ROCHA-CAMPOS, A. C. Gênese e classificação da coquina de Camaquã,

Formação de Corumbataí (Neopermiano), na Região de Rio Claro, SP. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, São Paulo, v. 68, n. 4, p. 545-557, 1996.

SIMÕES, M. G.; TORELLO, F. F.; MELLO, L. H. C., GHILARDI, R. P. O conteúdo fossilífero de novos afloramentos do Grupo Passa Dois (Neopermiano), nas porções centro sul e nordeste do Estado de São Paulo: implicações bioestratigráficas e paleoecológicas. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, v. 23, n. 50, p. 61-90, 2000.

STRASSER, A. Ooids in Purbeck Limestones (Lowermost Cretaceous) of the Swiss and French Jura. *Sedimentology*, v. 33, n. 5, p. 711-727, 1986.

TORELLO, F. F.; SIMÕES, M. G. Características tafonômicas da assembléia de *Pinzonella illusa* Reed, Formação Corumbataí (Neopermiano), Bacia do Paraná, Brasil. *Acta Geológica Lepondensia*, São Leopoldo, v. 39, p. 159-173, 1994.

TUCKER, M. E. *Sedimentary Petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks*. 3 ed. Blackwell, 1992. 252 p.

TUCKER, M. E.; WRIGHT, V. P. *Carbonate sedimentology*. Oxford: Blackwell Scientific, 1990. 482 p.